

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 18.06.01 – «Химическая технология» / 05.17.07 -
«Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Отделение Химической инженерии

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада	
Математическое моделирование процессов производства бензинов на Павлодарском НХЗ	
УДК <u>665.73:519.876</u>	

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A6-51	Дюсова Ризагуль Муслимовна		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Иванчина Э.Д.	д.т.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Короткова Е.И.	д.т.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Иванчина Э.Д.	д.т.н.		

Общая характеристика работы

Актуальность работы

На современном этапе согласно Посланию Главы государства экономическая политика Казахстана призвана обеспечить формирование благоприятных условий и факторов для наращивания конкурентоспособности продукции в центрах экономического роста, повышения уровня занятости и качества жизни жителей республики [1]. Поэтому одним из путей повышения эффективности использования нефтегазовых ресурсов является выход на мировые рынки нефтепродуктов на основе переработки собственного углеводородного сырья [2].

Каталитический риформинг экономически выгодный и традиционный способ повышения детонационной стойкости бензинов на нефтеперерабатывающих заводах. Эффективность работы установки каталитического риформинга зависит от технологических условия протекания процесса, состава перерабатываемого сырья и типа катализатора.

Изомеризация – следующее звено в цепочке производства бензинов в промышленных масштабах. Технология изомеризации легких бензиновых фракций является стратегическим процессом, позволяющим увеличить их ОЧ с высоким выходом (96-99 % масс.) целевого продукта и низкой себестоимостью, в условиях ограничения содержания ароматических углеводородов, бензола и серы. Данная установка позволила производить автомобильному топливу класса К4, К5 (аналоги Евро-4, Евро-5).

Высокая эффективность процесса изомеризации достигается при низких температурах, которые способствуют образованию разветвленных изомеров. Однако, высокие температуры необходимы для активации и превращения непрореагировавших алканов.

Повышение эффективности установки изомеризации сопряжено с рядом проблем. Во-первых, изменяющийся состав нефтяного сырья, второе – достижение термодинамического равновесия. Условия, при которых активность катализатора и термодинамические условия дадут возможность

образованию высокооктановых изомеров и увеличению глубины переработки сырья.

Оптимизация работы установок каталитического риформинга и изомеризации, продление работоспособности катализатора, за счет установления оптимальных технологических параметров в зависимости от состава перерабатываемого сырья являются актуальными задачами как с научной стороны, так и промышленной. Для решения многофакторной задачи требуется создание математических моделей, в основе которых лежат термодинамика, кинетика, гидродинамика процессов каталитического риформинга и изомеризации легких бензиновых фракции.

Степень разработанности темы

На сегодняшний день вопрос интенсификации производства бензинов рассматривается ведущими научными организациями в ряде стран. Повышение эффективности установки изомеризации и каталитического риформинга изучаются в: University of Wisconsin (К. В. Fogash, Z. Hong, J. A. Dumesic), Самарский государственный университет (П. В. Наумкин, Т. Н. Нестерова, И. А. Нестеров, Н. Н. Воденкова, Е. В. Головин). Институт химии и химической технологии СО РАН (Л. И. Кузнецова, А. В. Казбанова, П. Н. Кузнецов), Королевский университет, Белфаст, UK (F.C. Meunier *, F. Cavallaro, T. Le Goaziou, A. Goguet, C. Rioche), Simon Bolivar University, Sartenejas, Caracas, Venezuela (R. G.Tailleur, J. B. Platin), Китайская нефтехимическая корпорация, КНР (R.-М. Jao, T.-В. Lin, J.-R. Chang), Венгерская академия наук, Венгрия (J. Hancsók, S. Magyar, Z. Szoboszlai, D. Kalló), Университет Саханд технологии, Иран (М. Ejtemaeia, N. C. Aghdama, A. Babaluoa, A. Tavakolia, B. Bayatib), университет Калгари, Канада (J. Jarvis, P. He, A. Wang, H. Song), ОАО «ВНИПИнефть», г. Москва, ОАО «ВНИИ НП», г. Москва, ИК СО РАН, ИППУ СО РАН, НПО «Нефтехим» г. Краснодар, ЗАО «Нефтехимпроект» и др.

Значительная доля исследований в области совершенствования свойств катализаторов риформинга и изомеризации, их эксплуатации,

разработка новых конструкции реакторов, как в промышленном, так и в лабораторном масштабе. В меньшей мере изучено взаимовлияние состава сырья и технологических параметров на выход и качество продуктов риформинга и изомеризации.

Цель научно-квалификационной работы заключается в применении метода математического моделирования для совершенствования технологии производства товарных бензинов на Павлодарском нефтехимическом заводе.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

1. проведение лабораторных и промышленных исследований процессов каталитического риформинга и изомеризации бензиновых фракции для установления состава и физико-химических характеристик сырья и продуктов процессов;
2. исследование свойств катализаторов каталитического риформинга и изомеризации легких бензиновых фракции;
3. установление термодинамических, кинетических и гидродинамических закономерностей реакций процессов каталитического риформинга и изомеризации;
4. исследование влияния состава перерабатываемого сырья, технологических параметров работы на выход и качество продуктов установок каталитического риформинга и изомеризации;
5. определение оптимальных режимов процессов направленных на оптимизацию установок;
6. влияние состава и качества сырья на рецептуру и свойства получаемых моторных топлив.

Объект исследования: промышленные процессы и технологические установки каталитического риформинга, изомеризации и узла смешения бензинов.

Предметом исследования являются процессы химического превращения углеводородов бензиновой фракция в реакторах

каталитического риформинга на полиметаллическом катализаторе и повышение октанового числа перегруппировкой молекулярной структуры нормальных парафинов C_5 - C_6 в парафины изостроения в процессе изомеризации, которая осуществляется на катализаторе на основе хлорированного оксида алюминия, содержащего платиновый промотор I-84, в среде водородсодержащего газа.

Научная новизна

1. Предложены формализованные схемы превращения углеводородов в процессах каталитического риформинга и изомеризации, которые содержат индивидуальные и групповые компоненты, объединенные на основе их физико-химических свойств.

2. Определены кинетические, термодинамические, гидродинамические закономерности протекания процессов каталитического риформинга и изомеризации бензиновых фракции, численно выраженные в значениях константах скоростей химических реакции.

3. Установлено влияния углеводородного состава сырья и технологических параметров на качество продукта изомеризации. Содержание в сырье н-гексана порядка 40 % масс., 2,2-диметилбутана выше 3 % масс., 2,3-диметилбутана около 20 % масс., циклогексана больше 4 % масс., увеличивает ОЧИ продукта изомеризации, относительно других экспериментов.

Теоретическая значимость работы

Результаты исследования расширяют представления о физико-химических закономерностях процессов каталитического риформинга и изомеризации легких бензиновых фракции. Определены физико-химические закономерности каталитического риформинга и изомеризации. Рассмотрен метод повышения выхода продуктов риформинга за счет корректировки технологических условий в зависимости от состава сырья. Приведена сравнительная характеристика трех технологии процесса изомеризации.

Рассчитаны оптимальные технологические условия процесса изомеризации при изменяющемся составе сырья.

Практическая значимость работы

Решить задачу оптимизации производства бензинов позволил метод математического моделирования. Данные модели делают возможным обработку экспериментальных данных с действующих установок каталитического риформинга и изомеризации, прогнозирование работы катализаторов и установок в целом. Определение оптимальных технологических параметров работы и выдача рекомендации по их эксплуатации, для повышения выхода продукта и значения ОЧИ бензинов.

Результаты, полученные при выполнении научно-квалификационной работы, востребованы и будут использованы в опытно-промышленных испытаниях на ТОО «ПНХЗ» (г.Павлодар, Казахстан), что подтверждается подписанным договором.

Интеллектуальные системы используются в обучающих процессах студентами, магистрантами и аспирантами Томского политехнического университета и Павлодарского государственного университета имени С.Торайгырова (г. Павлодар, Казахстан).

Методы и методология исследования

Стратегия системного анализа и метод математического моделирования является методологической основой для исследования свойств и оптимального управления химико-технологическими объектами. Стратегия системного анализа включает установление кинетических, термодинамических и гидродинамических закономерностей протекания процессов каталитического риформинга и изомеризации. Которые служат основой для разработки математических моделей сложных многостадийных процессов производства бензинов.

Степень достоверности результатов

Абсолютная погрешность расчетов при помощи математических моделей не превышает 3 %, достоверность полученных результатов

подтверждается большим объемом данных, которые включали технологический режим работы промышленных установок, лабораторные данные исследуемого сырья и полученных нефтепродуктов, тип катализатора.

Апробация работы

Результаты исследований, проведенных в ходе подготовки диссертационной работы, представлены и обсуждены на XXI Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, г. Томск, (2017 г.), XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, имени профессора Л.П. Кулёва, г. Томск (2017 г.), XXII Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А.Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска инженеров в Сибири, г.Томск (2018 г.), VIII Всероссийской научно-практической конференция с международным участием, посвященная 50-летию основания Института химии нефти. Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа, г. Томск (2019 г.).

Личный вклад состоит в установлений термодинамических, кинетических и гидродинамических параметров процессов каталитического риформинга и изомеризации легких бензиновых фракции. Разработка математических моделей для получения риформата и изомеризата, проведение расчетов, определения влияния технологических параметров и состава углеводородного сырья на продукты риформинга и изомерищзации, для получения рекомендации по оптимизации работы установок каталитического риформинга и изомеризации.

Публикации

Автором опубликовано 16 работ, по теме диссертации – 8 работ, в том числе 1 статья в рецензируемом журнале, рекомендованном перечнем ВАК, 4 статей в зарубежных изданиях, индексируемых базами Scopus, Web of

Science, 3 авторских свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание работы

Во введении показана актуальность работы, определены цели и задачи исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе проанализированы результаты научно-технических достижений в мире, определены нерешенные задачи в области нефтепереработки. В том числе изомеризации легких бензиновых фракции, каталитическом риформинге и компаундировании бензинов.

Во второй главе описаны объекты исследования, метод математического моделирования производства компонентов товарного бензина. Определены термодинамические, кинетические и гидродинамические параметры процессов изомеризации и каталитического риформинга.

В третьей главе определена эффективность различных технологий процесса изомеризации легких бензиновых фракции. Изучено влияние состава перерабатываемого Сырья и технологического режима на продукт изомеризации.

В четвертой главе проанализирована эффективность работы катализатора каталитического риформинга. Определена зависимость выхода целевых продуктов риформинга от компонентного состава сырья и технологических параметров.

В пятой главе определено влияние состава и качества потоков на рецептуру и свойства товарных бензинов.

В заключении выделены итоги выполненного исследования, изложены рекомендации по оптимизации процессов каталитического риформинга и изомеризации легких бензиновых фракции.